

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EPc4/5028

REC'D 05 AUG 2004
WIPO
PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 21 400.3

Anmeldetag: 12. Mai 2003

Anmelder/Inhaber: Leica Microsystems Heidelberg GmbH,
68165 Mannheim/DE

Bezeichnung: Feinverstellvorrichtung

IPC: G 02 B 21/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
 Im Auftrag

Klostermeyer

Feinverstellvorrichtung

5

Die Erfindung betrifft Feinverstellvorrichtung zum Verschieben und/oder Kippen eines Objekts.

Vorrichtungen zur Feinpositionierung von Objekten, wie Neigungssteller oder Verschiebtische werden insbesondere im Bereich der Optik häufig eingesetzt.

10 Durch die Kombination von gleit oder Kugelgelagerten Linearpositionierern mit Neigungsverstellern kann eine Positionierung eines Objektes in allen denkbaren Freiheitsgraden erreicht werden. Allerdings sinkt mit der Anzahl der Einzelversteller die Stabilität und die Positioniergenauigkeit. Außerdem haben Kombination aus mehreren Positionierern und Neigungsverstellern den Nachteil eines großen Bedarfs an Bauraum.

15 Oft werden Positionierelemente verwendet, die bei denen die Verschiebung oder Kippung des Objekts durch Verbiegen des Positionierelements selbst im elastischen Bereich erzielt wird. Solche Vorrichtungen sind in der Regel unempfindlicher gegen ungewollte Verstellungen, erlauben jedoch meist nur eine Positionierung in einem Freiheitsgrad.

In der Mikroskopie ist die exakte Positionierung der optischen Bauteile von entscheidender Wichtigkeit für die Güte eines Mikroskops. Ganz besonders wichtig ist die optimale Justierung der optischen Bauteile in hochauflösenden Mikroskopen, wie beispielsweise Scanmikroskopen und konfokalen

Hf

Scanmikroskopen.

In der Scanmikroskopie wird eine Probe mit einem Lichtstrahl beleuchtet, um das von der Probe emittierte Reflexions- oder Fluoreszenzlicht zu beobachten. Der Fokus eines Beleuchtungslichtstrahles wird mit Hilfe einer steuerbaren

- 5 Strahlablenkeinrichtung, im Allgemeinen durch Verkippen zweier Spiegel, in einer Objektebene bewegt, wobei die Ablenkachsen meist senkrecht aufeinander stehen, so dass ein Spiegel in x-, der andere in y-Richtung ablenkt. Die Verkippung der Spiegel wird beispielsweise mit Hilfe von Galvanometer-Stellelementen bewerkstelligt. Die Leistung des vom Objekt
- 10 kommenden Lichtes wird in Abhängigkeit von der Position des Abtaststrahles gemessen. Üblicherweise werden die Stellelemente mit Sensoren zur Ermittlung der aktuellen Spiegelstellung ausgerüstet.

Speziell in der konfokalen Scanmikroskopie wird ein Objekt mit dem Fokus eines Lichtstrahles in drei Dimensionen abgetastet. Ein konfokales

- 15 Rastermikroskop umfasst im Allgemeinen eine Lichtquelle, eine Fokussieroptik, mit der das Licht der Quelle auf eine Lochblende – die sog. Anregungsblende – fokussiert wird, einen Strahlteiler, eine Strahlablenkeinrichtung zur Strahlsteuerung, eine Mikroskopoptik, eine Detektionsblende und die Detektoren zum Nachweis des Detektions- bzw.
- 20 Fluoreszenzlichtes. Das Beleuchtungslicht wird über einen Strahlteiler eingekoppelt. Das vom Objekt kommende Fluoreszenz- oder Reflexionslicht gelangt über die Strahlablenkeinrichtung zurück zum Strahlteiler, passiert diesen, um anschließend auf die Detektionsblende fokussiert zu werden, hinter der sich die Detektoren befinden. Detektionslicht, das nicht direkt aus der Fokusregion stammt, nimmt einen anderen Lichtweg und passiert die Detektionsblende nicht, so dass man eine Punktinformation erhält, die durch sequentielles Abtasten des Objekts zu einem dreidimensionalen Bild führt. Meist wird ein dreidimensionales Bild durch schichtweise Bilddatennahme erzielt, wobei die Bahn des Abtastlichtstrahles auf bzw. in dem Objekt idealer
- 25 Weise einen Mäander beschreibt. (Abtasten einer Zeile in x-Richtung bei konstanter y-Position, anschließend x-Abtastung anhalten und per y-
- 30

Verstellung auf die nächste abzutastende Zeile schwenken und dann, bei konstanter y-Position, diese Zeile in negative x-Richtung abtasten u.s.w.). Um eine schichtweise Bilddatennahme zu ermöglichen, wird der Probentisch oder das Objektiv nach dem Abtasten einer Schicht verschoben und so die nächste abzutastende Schicht in die Fokusebene des Objektivs gebracht.

Eine Auflösungssteigerung in Richtung der optischen Achse lässt sich, wie in Europäischen Patentschrift EP 0 491 289 mit dem Titel: „Doppelkonfokales Rastermikroskop“ beschrieben ist, durch eine Doppelobjektivanordnung (4Pi-Anordnung) erreichen. Das vom Beleuchtungssystem kommende Licht wird in zwei Teilstrahlen aufgespalten, die die Probe einander entgegenlaufend durch zwei spiegelsymmetrisch angeordnete Objektive gleichzeitig beleuchten. Die beiden Objektive sind auf verschiedenen Seiten der ihnen gemeinsamen Objektebene angeordnet. Im Objektpunkt bildet sich durch diese interferometrische Beleuchtung ein Interferenzmuster aus, dass bei konstruktiver Interferenz ein Hauptmaximum und mehrere Nebenmaxima aufweist. Mit einem doppelkonfokalen Rastermikroskop kann im Vergleich zum konventionellen Rastermikroskop durch die interferometrische Beleuchtung eine erhöhte axiale Auflösung erzielt werden.

Die genaue Ausrichtung der spiegelsymmetrisch angeordneten Objektive in einem doppelkonfokalen Rastermikroskop ist von entscheidender Wichtigkeit für die optimale Funktionsfähigkeit des Mikroskops. Dabei muß zumindest eines der Objektive in alle drei Raumrichtungen verschiebbar und kippbar sein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Feinverstellvorrichtung anzugeben, die bei kleinem Bauraum eine stabile, zuverlässige und reproduzierbare Verschiebung und Kippung eines Objektes erlaubt.

Die Aufgabe wird durch eine Feinverstellvorrichtung gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, dass ein Trägerelement vorgesehen ist, das von einem Führungselement geführt um eine Drehachse drehbar ist, wobei

• zur Erzielung einer Kippung zwischen dem Trägerelement und dem

Führungselement eine Führungsebene definiert ist, die die Drehachse mit einem von 90 Grad verschiedenen Winkel durchsetzt und/oder

- zur Erzielung einer Verschiebung das Objekt mit einem seitlichen Versatz zur Drehachse an dem Trägerelement befestigt ist.

5 Die Erfindung hat den Vorteil, dass je nach Neigung der Führungsebene bzw. je nach Größe des seitlichen Versatzes eine sehr feine Einstellbarkeit erzielbar ist; da einem langen Verstellweg eine kleine Verstellung gegenüber gestellt werden kann ohne die Funktionsfähigkeit zu beeinflussen.

10 Die erfindungsgemäße Feinverstellvorrichtung benötigt einen geringen Bauraum und ist auf Grund der Symmetrie weitgehend unempfindlich gegen ungewollte Verstellungen durch temperaturbedingte Längenausdehnungen.

In einer bevorzugen Ausgestaltung beträgt der Winkel mit dem die Drehachse die Führungsebene durchsetzt 1-2 Grad, weil bei diesem Winkel ein gutes Verhältnis zwischen Einstellgenauigkeit und Stellweg vorliegt. Es sind jedoch auch größere und kleinere Winkel ohne weiteres möglich.

In einer besonders bevorzugen Ausführungsform ist das Führungselement von einem weitere Führungselement geführt um die Drehachse oder eine weitere Drehachse drehbar gelagert.

20 In einer besonders bevorzugen Variante ist die Feinverstellvorrichtung als Objekt in eine weitere Feinverstellvorrichtung einbringbar, wobei es sich bei der weitere Feinverstellvorrichtung vorzugsweise um eine des erfindungsgemäßen Typs handelt. Durch diese verschachtelbarkeit bzw. Kaskadierbarkeit kann - ohne wesentliche Vergrößerung des beanspruchten Bauraumes - die Anzahl der Verschiebe- bzw. Kippfreiheitsgrade beliebig erhöht werden, wobei die Reproduzierbarkeit, die Einstellgenauigkeit und insbesondere die Stabilität weitgehend erhalten bleiben. Vorzugsweise sind Führungselemente vorgesehen, die ausschließlich eine Verschiebung bewirken und Führungselemente, die ausschließlich zur Kippung des Objektes vorgesehen sind. Durch diese Entkopplung wird die Einstellbarkeit erleichtert.

Ein mit einem Versatz zur Drehachse – also exzentrisch - an dem Trägerelement befestigtes Objekt beschreibt bei Drehung des Trägerelementes in dem Führungselement eine Kreisbahn mit einem Radius die dem Versatz entspricht. Ist das Trägerelement gemeinsam mit dem

5 Führungselement in einem weiteren Führungselement exzentrisch drehbar, so beschreiben das Trägerelement und das Führungselement gemeinsam eine andere Kreisbahn, wobei der Radius dieser anderen Kreisbahn vorzugsweise größer als der der Kreisbahn der Trägerelements ist. In Kombination der beiden Einstellmöglichkeiten, nämlich der des Trägerelements alleine und der des Trägerelement gemeinsam mit dem Führungselement, kann das Objekt an jeden beliebigen Ort innerhalb der Kreisfläche der anderen Kreisbahn verbracht werden.

Vorzugsweise sind das Trägerelement und/oder das Führungselement und/oder das weitere Führungselement im Querschnitt rund, beispielsweise

15 ringförmig, ausgebildet, was eine einfache und platzsparende Konstruktion erlaubt.

In einer bevorzugen Ausgestaltung weist das Führungselement eine, vorzugsweise runde, Ausnehmung auf, in der das, vorzugsweise ebenfalls runde- Trägerelement drehbar ist. Ebenso weist vorzugsweise das weitere

20 Führungselement eine, vorzugsweise runde, Ausnehmung auf, in der das, vorzugsweise runde, Führungselement drehbar. Diese schachtelartige Anordnung lässt sich im Prinzip beliebig fortsetzen. Zur Erzielung einer Objektverschiebung ist die Ausnehmung exzentrisch angebracht.

25 Vorzugsweise ist in das Trägerelement und/oder das Führungselement und/oder das weitere Führungselement ein Stellhebel einsetzbar. Hierzu sind beispielsweise entlang des Randes der Elemente Bohrungen vorgesehen in die der Stellhebel eingesteckt werden kann.

30 In einer bevorzugen Ausgestaltung ist das Führungselement und/oder das weitere Führungselement in Richtung der Drehachse und/oder der weiteren Drehachse verschiebbar. Vorzugsweise ist die gesamte Feineinstellvorrichtung in diese Richtung verschiebbar. Hierfür ist

beispielsweise ein Stellgewinde vorgesehen. In einem Mikroskop kann damit beispielsweise der Abstand eines Objektivs zur Probe eingestellt werden.

Vorzugsweise sind sich direkt berührende Elemente, beispielsweise das Trägerelement und das Führungselement, aus unterschiedlichem Material gefertigt. Dies hat den Vorteil, dass die Gefahr des Festfressens minimiert ist. Beispielsweise sind die Elemente abwechselnd aus Stahl und Messing gefertigt.

In einer anderen Variante sind alle Elemente aus Glaskeramik, wie beispielsweise Cerodur, hergestellt.

10 Vorzugsweise ist das Objekt ein optisches Bauteil, insbesondere ein Objektiv oder ein Kondensor. Es könnte sich beispielsweise auch um eine Einkoppeloptik für eine Glasfaser oder um ein anderes fein auszurichtendes Bauteil handeln.

15 Ganz besonders vorteilhaft ist ein mit einer erfindungsgemäßen Feinverstellvorrichtung insbesondere zur exakten Positionierung zumindest eines Objektivs. Das Mikroskop kann beispielsweise als klassisches Lichtmikroskop, als Scannmikroskop, als konfokales Scannmikroskop, als 4PI-Mikroskop, als doppelkonfokales Scannmikroskop oder als Theta-Mikroskop ausgebildet sein.

20 In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand schematisch dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend beschrieben, wobei gleich wirkende Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Feinverstellvorrichtung in einer Schnittdarstellung,

25 Fig. 2 die erfindungsgemäße Feinverstellvorrichtung 1 in einer Explosionsdarstellung,

Fig. 3 die erfindungsgemäße Feinverstellvorrichtung 1 in einer Ansichtsdarstellung,

Fig. 4 das Prinzip der Kippung des Trägerelements,

30 Fig. 5 das Prinzip der Verschiebung und

Fig. 6 das Prinzip der Einstellung der Neigung und der Richtung der Neigung des Objektivs.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Feinverstellvorrichtung 1 in einer Schnittdarstellung mit einem Trägerelement 3, das ein Objekt 5, nämlich ein Objektiv 7, trägt und das von einem Führungselement 9 geführt um eine Drehachse drehbar ist. Das Trägerelement 3 ist als schräger Zylinderabschnitt ausgebildet und in eine runde Ausnehmung (Passung) des Führungselements 9 drehbar eingelassen. Im Längsschnitt weist das Führungselement 9 einen Absatz 11 auf, auf dem das Trägerelement 3 aufsitzt und der eine Führungsebene definiert, die die Drehachse mit einem von 90 Grad verschiedenen Winkel durchsetzt.

Durch eine Relativdrehung zwischen dem Trägerelement 3 und dem Führungselement 9 ist die Neigung des Objektiv 7 einstellbar, was weiter unten an Hand der Fig. 4 ausführlich beschrieben wird.

Das Führungselement 9 ist in der runden Ausnehmung eines weiteren Führungselements 13 geführt um eine weitere Drehachse drehbar. Die Ausnehmung des weiteren Führungselements 13 ist in bezug auf die weitere Drehachse exzentrisch (mit Versatz zur Drehachse) angeordnet, so dass das Führungselement 9 zusammen mit dem Trägerelement 3 und dem Objektiv 7 auf einer durch die Exzentrizität bestimmten Kreisbahn schwenkbar ist.

Das weitere Führungselement 13 ist in der runden, exzentrisch angeordneten Ausnehmung eines anderen Führungselementes 15 geführt um eine andere Drehachse, die parallel zur weiteren Drehachse ist, drehbar. Die Exzentrizität der Ausnehmung des anderen Führungselementes 15 ist größer als die des weiteren Führungselementes 13. Durch geeignete kombinierte Drehungen des weiteren Führungselementes 13 und des anderen Führungselementes 15 kann innerhalb einer Ebene, die senkrecht zur anderen Drehachse ist punktgenau verschoben werden.

Das andere Führungselement 15 ist in einem äußeren Führungselement 17 drehbar gelagert. Dieses weist an der Außenseite ein Gewinde 19 auf, das

eine Verschiebung des Objektivs – samt des Trägerelements 3 und der Führungselemente 9 – 17 in Richtung der weiteren Drehachse ermöglicht. Das äußere Führungselement 17 ist mit dem Gewinde 19 in dem Halteelement 21 angeordnet. Ein an dem äußeren Führungselement 17 angebrachter Käfig 25 umschließt das Trägerelement 3 und der Führungselemente 9 – 17 und mit dem kugelkopfförmigen Niederhalter 23 für den Zusammenhalt der Elemente.

5 10 15 20 25 30

Das weitere Führungselement 13, das andere Führungselement 15 und das äußere Führungselement 17 weisen innerhalb der Ausnehmungen jeweils einen abgerundeten Absatz auf, womit eine Selbstzentrierung erreicht wird die Gefahr des „Festfressens“ minimiert ist.

Kräfte, die durch manuelle Bedienung des Objektivs 7 auftreten, werden von der Feinverstellvorrichtung 1 aufgefangen. Die Feinverstellvorrichtung 1 wird vorzugsweise mit zwei Anschlägen an einem Mikroskop befestigt und ist leicht gegen ein anderes Objektivmodul austauschbar ohne dass eine erneute Justierung nötig wird.

Fig. 2 zeigt die erfindungsgemäße Feinverstellvorrichtung 1 in einer Explosionsdarstellung. Das Trägerelement 3 und der Führungselemente 9 – 17 weisen Bohrungen 27 auf, in die ein Stellhebel einsteckbar ist.

Fig. 3 zeigt die zusammengesetzte erfindungsgemäße Feinverstellvorrichtung 1 in einer Ansichtsdarstellung.

Fig. 4 illustriert das Prinzip der Kippung des Trägerelements 3 durch eine Relativdrehung zwischen dem Trägerelement 3 und dem Führungselement 9. Die Drehachse 31 durchsetzt die Führungsebene 29 mit einem von 90 Grad verschiedenen Winkel. In Fig. 4a ist die Grundstellung gezeigt, während Fig. 4b eine Kippstellung um den Winkel α darstellt. Die Eintrittspupille 33 des Objektiv ist vorzugsweise am Ort des Durchtrittspunktes der Drehachse 31 durch die Führungsebene 29 positioniert.

Fig. 5 illustriert das Prinzip der Verschiebung mit dem Trägerelement 3 und dem Führungselement 9. Das mit einem Versatz zur Drehachse – also exzentrisch – an dem Trägerelement 3 befestigte Objektiv 7 beschreibt bei Drehung des Trägerelementes in dem Führungselement eine Kreisbahn 35

mit einem Radius die dem Versatz entspricht. Das Trägerelement 3 ist gemeinsam mit dem Führungselement 9 exzentrisch drehbar, daher beschreibt das Objektiv 7 eine andere Kreisbahn 37, 38, wobei der Radius dieser anderen Kreisbahn 37, 38 von der Dreheinstellung des Trägerelements

5 3 abhängt. Das Objektiv kann mit hoher Präzision an jeden beliebigen Ort innerhalb der Kreisfläche der anderen Kreisbahn 37, 38 verbracht werden. Der Übersichtlichkeit halber ist nur die Eintrittspupille 33 für verschiedene Einstellungen eingezeichnet. Mit r ist der Abstand der Eintrittspupille 33 von der Grundstellung 39 – der theoretischen optischen Achse des Mikroskops – bezeichnet. Die Stellung der Richtung des Abstandvektors ist mit β bezeichnet.

10 Fig. 6 zeigt das Prinzip der Einstellung der Neigung – Durch Drehen des weiteren Führungselementes 13 - und der Richtung der Neigung des Objektivs 7 - durch Drehen des anderen Führungselements 15. Die Neigung ist durch den Winkel α und die Richtung durch den Winkel γ angegeben. Durch Drehen des äußeren Führungselementes 17 ist eine z-Einstellung vernehmbar. Zur besseren Anschaulichkeit ist die Objektivachse 41 und die Achse der Grundstellung 39, die optische Achse des Mikroskops, eingezeichnet.

15 20 Die Erfindung wurde in Bezug auf eine besondere Ausführungsform beschrieben. Es ist jedoch selbstverständlich, dass Änderungen und Abwandlungen durchgeführt werden können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu verlassen.

Bezugszeichenliste:

1	Feinverstellvorrichtung	
3	Trägerelement	
5	5	Objekt
7	Objektiv	
9	Führungselement	
11	Absatz	
13	weiteres Führungselement	
10	15	anderes Führungselement
17	äußeres Führungselement	
19	Gewinde	
21	Halteelement	
23	Niederhalter	
15	25	Käfig
27	Bohrungen	
29	Führungsebene	
31	Drehachse	
33	Eintrittspupille	
20	35	Kreisbahn
37	Kreisbahn	
39	Grundstellung	
41	Objektivachse	

Patentansprüche

1. Feinverstellvorrichtung zum Verschieben und/oder Kippen eines Objekts dadurch gekennzeichnet, dass ein Trägerelement vorgesehen ist, das von einem Führungselement geführt um eine Drehachse drehbar ist, wobei
 - 5 • zur Erzielung einer Kippung zwischen dem Trägerelement und dem Führungselement eine Führungsebene definiert ist, die die Drehachse mit einem von 90 Grad verschiedenen Winkel durchsetzt und/oder
 - zur Erzielung einer Verschiebung des Objekt mit einem seitlichen Versatz zur Drehachse an dem Trägerelement befestigt ist.
- 10 2. Feinverstellvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Führungselement von einem weitere Führungselement geführt um die Drehachse oder eine weitere Drehachse drehbar ist.
- 15 3. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Feinverstellvorrichtung als Objekt in eine weitere Feinverstellvorrichtung einbringbar ist.
4. Feinverstellvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Feinverstellvorrichtung eine Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche der Ansprüche 1 oder 2 beinhaltet.
- 20 5. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerelement und/oder das Führungselement und/oder das weitere Führungselement im Querschnitt rund sind.
6. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Führungselement eine Ausnehmung aufweist, in der das Trägerelement drehbar ist.
- 25 7. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Führungselement eine Ausnehmung aufweist, in der das Führungselement drehbar ist.

8. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmung exzentrisch ist.
9. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in das Trägerelement und/oder das
- 5 Führungselement und/oder das weitere Führungselement ein Stellhebel einsetzbar ist.
10. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Führungselement und/oder das weitere Führungselement in Richtung der Drehachse und/oder der weiteren Drehachse verschiebbar sind.
11. Feinverstellvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Führungselement und/oder das weitere Führungselement einen Stellgewinde aufweisen.
12. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das sich direkt berührende Elemente aus unterschiedlichem Material gefertigt sind.
- 15 13. Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt ein optisches Bauteil, insbesondere ein Objektiv, ist.
- 20 14. Mikroskop mit einer Feinverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13.
15. Mikroskop nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikroskop ein Scanmikroskop, ein konfokales Scanmikroskop, ein 4PI-Mikroskop oder ein Theta-Mikroskop ist.

Zusammenfassung

Eine Feinverstellvorrichtung zum Verschieben und/oder Kippen eines Objekts ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Trägerelement vorgesehen ist, das von einem Führungselement geführt um eine Drehachse drehbar ist, wobei zur Erzielung einer Kippung zwischen dem Trägerelement und dem Führungselement eine Führungsebene definiert ist, die die Drehachse mit einem von 90 Grad verschiedenen Winkel durchsetzt und/oder zur Erzielung einer Verschiebung das Objekt mit einem seitlichen Versatz zur Drehachse an dem Trägerelement befestigt ist.

5

10

Fig. 1

15

Hf

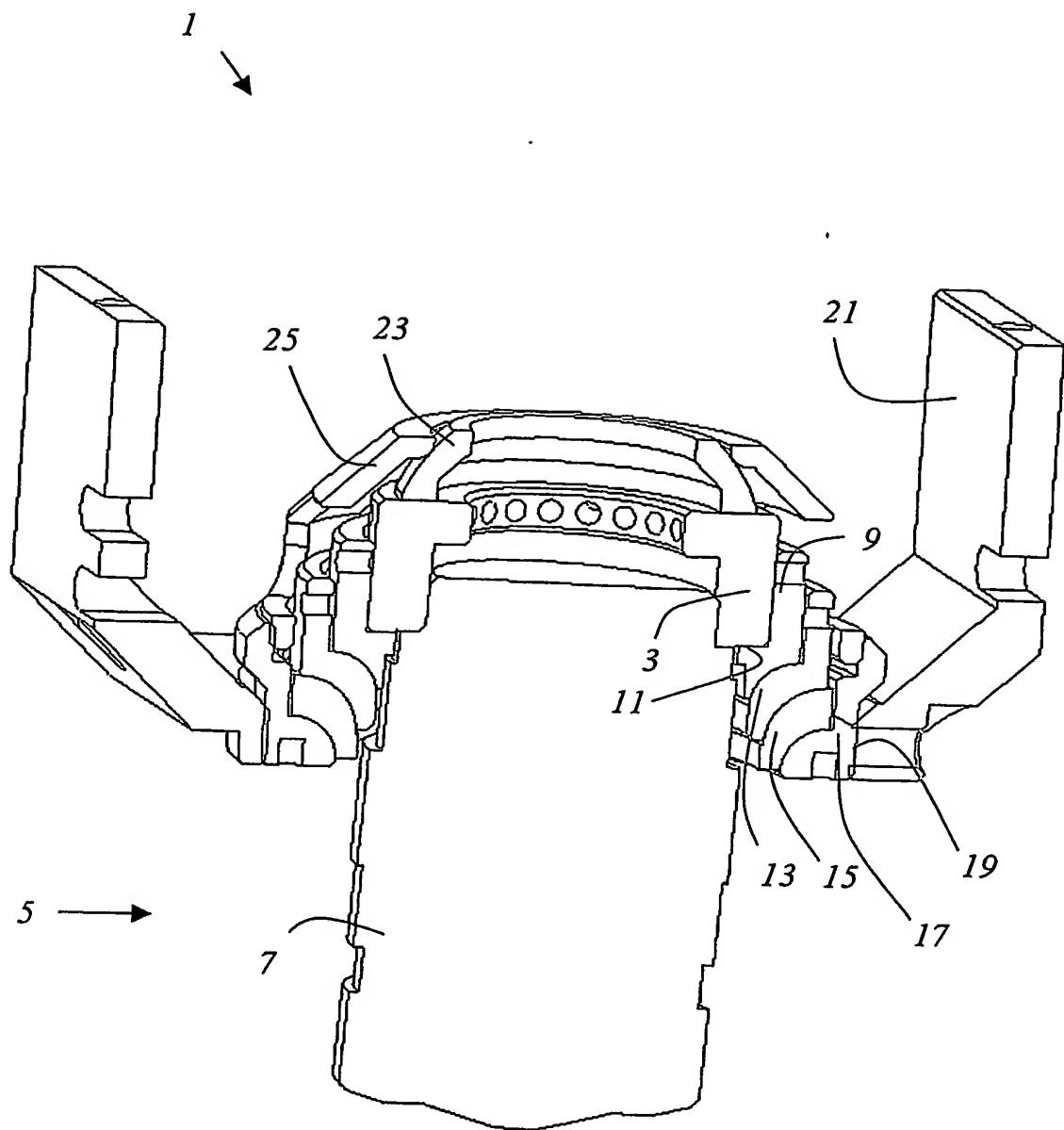


Fig. 1

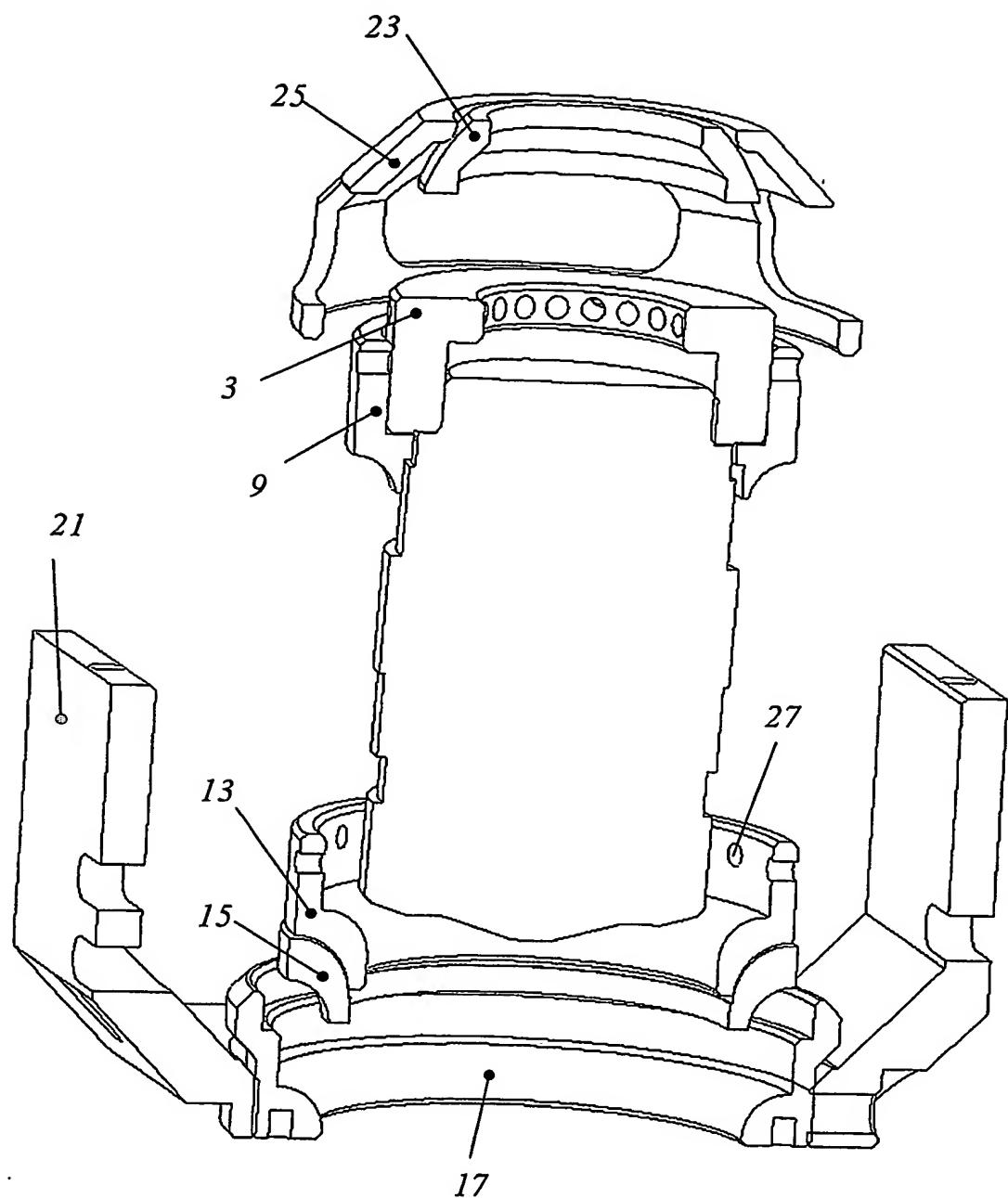


Fig. 2

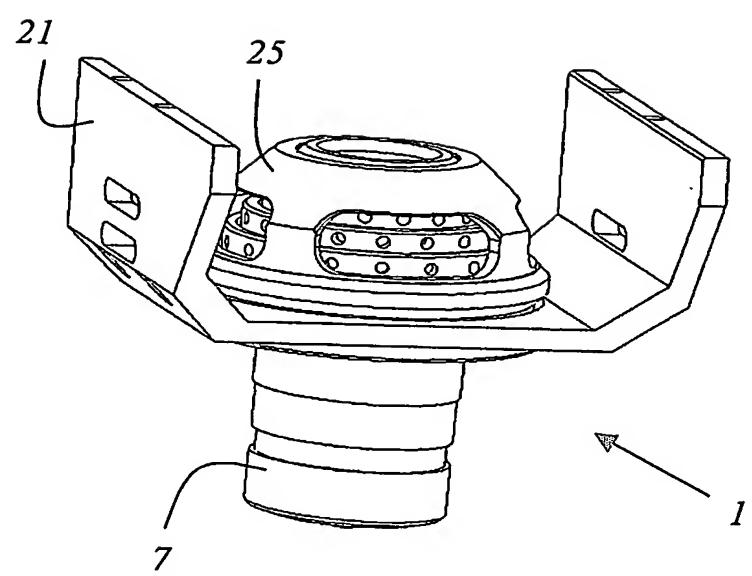


Fig. 3

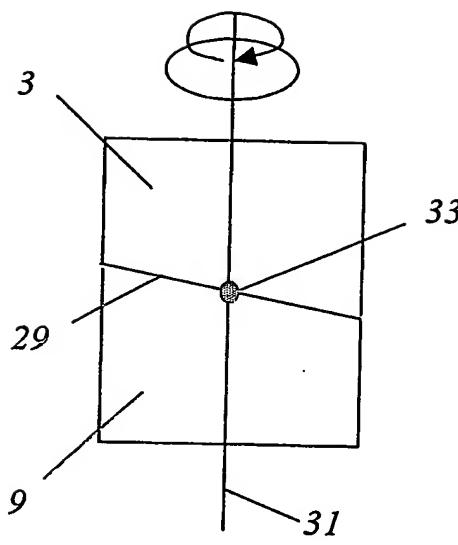


Fig. 4a

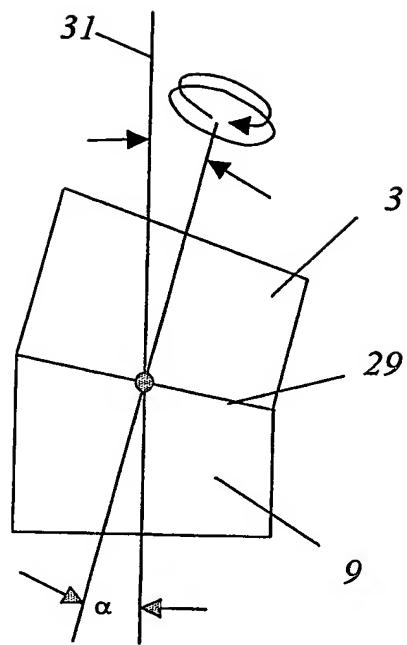


Fig. 4b

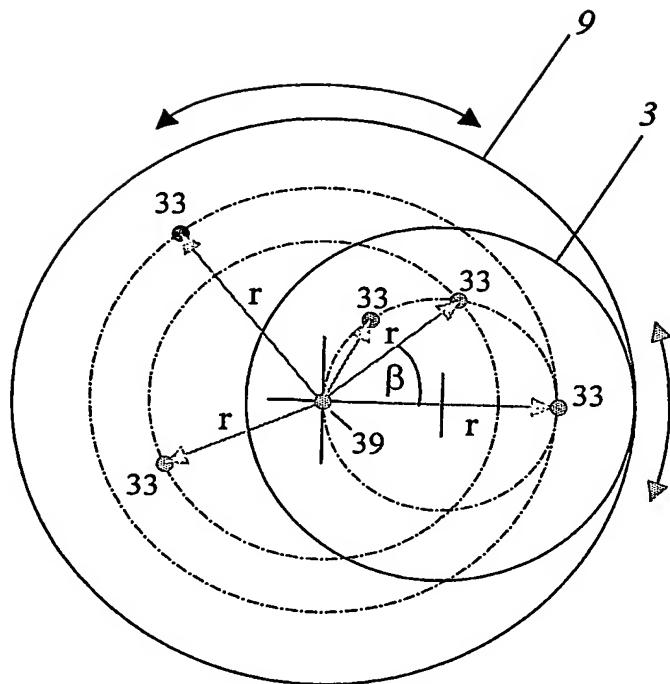


Fig. 5

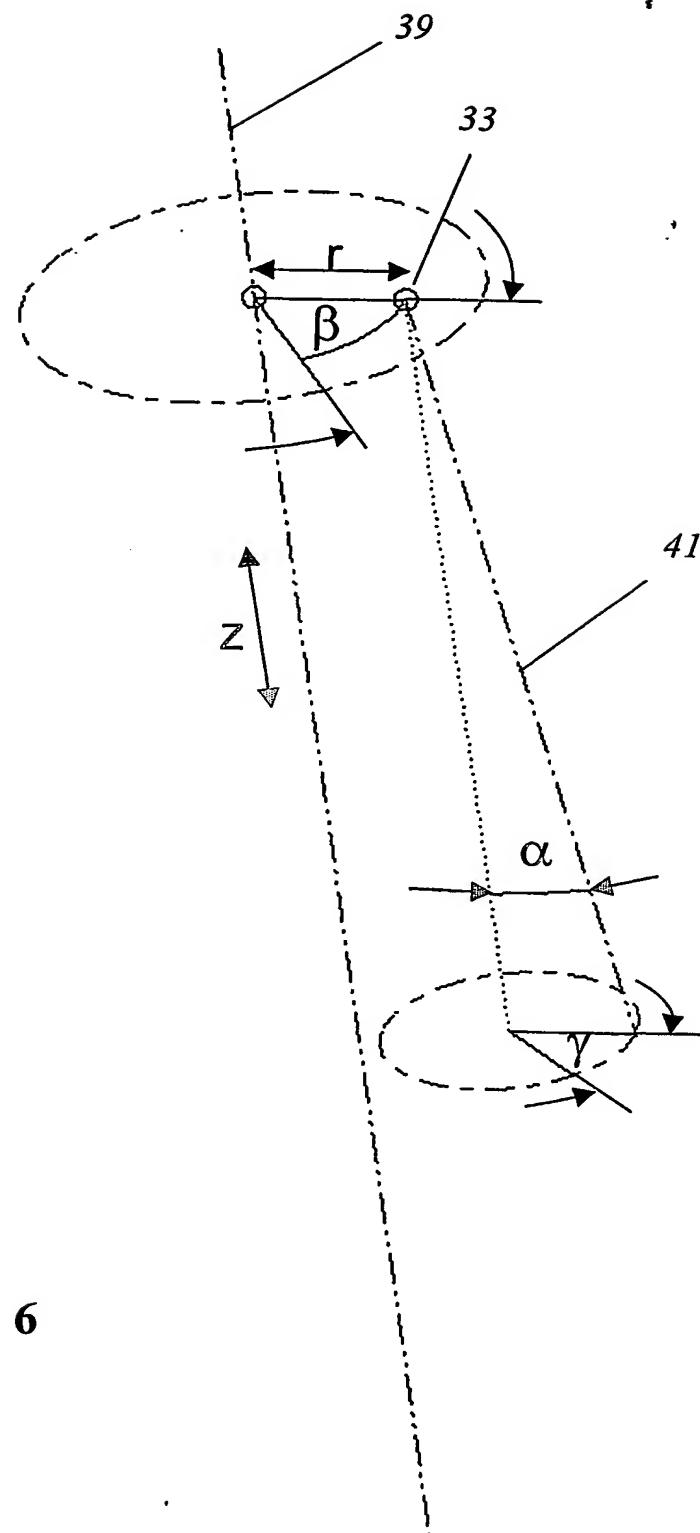


Fig. 6